

На территории Копетдага ощущались землетрясения в 3—4 балла 31 августа; эпицентр расположен в Иране (подробное описание дано в статье настоящего сборника «Сильные землетрясения мира») и 19 декабря с эпицентром в Афганистане (см. «Землетрясения Средней Азии»).

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Ляков, Р. А. Мамляк, Р. Д. Непесов. Методика выявления глубинных разломов по картам эпицентров землетрясений Туркмении и характеристике их сейсмичности. — Изв. АН ТССР, серия ФТХИ, 1968, № 2.
2. С. В. Медведев. Инженерная сейсмология. М., 1962.
3. Н. В. Шебалин. Метод использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании. — Кн. «Сейсмическое районирование СССР». М., «Наука», 1968.

Г. Л. Голинский, Т. Н. Каллаур, Р. Д. Непесов,
К. Д. Лагуточкина

Ашхабадское землетрясение 15 ноября 1968 г.

15 ноября в 6 ч. 25 м., по Гринвичу, в Ашхабадском сейсмическом районе произошло сильное землетрясение, зарегистрированное всеми станциями Копетдагской зоны и многими сейсмическими станциями СССР. По инструментальным данным ЕССН, эпицентр землетрясения имеет координаты $38^{\circ} 0' N$ и $58^{\circ} 3' E$, $M=5,6$. Глубина очага, по совокупности данных, оценивается в 18—20 км (см. далее).

В эпицентральной зоне на станциях Ашхабад и Ванновская получены записи землетрясения приборами СМР-II (рис. 1). На станции Ашхабад получены также записи на приборах АМС-2М. Смещение на сеймометре СБМ $X_0=1,5$ мм (6 баллов по шкале MSK—1964). Направление колебаний на СБМ преимущественно с NNE на SSW. Азимут на эпицентр со станции Ашхабад, определенный по записям прибора СМР, равен примерно 23° .

Изучение последствий землетрясения проведено сразу же после его возникновения. Районы, расположенные к югу, западу и северо-западу от Ашхабада, до Кызыл-Арвата включительно, обследованы Р. Д. Непесовым и Г. Л. Голинским совместно, восточные районы, до железнодорожной станции Арман-Сагат, расположенной восточнее Каахка, — Г. Л. Голинским. В частности обследованы последний землетрясения в эпицентральной области Ашхабадского землетрясения 5 октября принял участие Д. Н. Руставич. В сборе макросейсмических данных на территории Ашхабада, кроме авторов, активное участие принимали сотрудники Отдела сейсмологии ИФЗ АН ТССР Э. М. Эсенов, К. Д. Лагуточкина, Н. Е. Колесникова, Н. Меликулиев, заведующий сейсмостанцией «Ашхабад» Н. Аннамухамедов, лаборант Л. Корендьева и др. Обработка и анализ полученных данных проведены Г. Л. Голинским.

При обследовании населенных пунктов применялась предложенная Н. В. Шебалиным методика статистической оценки балльности [1—3]. В каждом пункте использовалась случайная выборка зданий, определялась степень их повреждения d (по шкале MSK—1964) с последующим вычислением приведенного (среднего) значения d и переходом от d к балльности. Для получения надежной оценки интенсивности землетрясения в отдельном пункте с заданной точностью число исходных данных заранее планировалось так, чтобы стандартное отклонение средней оценки \bar{d} не превышало $\pm 1/4$ (при определении степени повреждения зданий — не менее 10 обследованных; для установления интенсивности слабого сотрясения — не менее 7 опросов очевидцев).

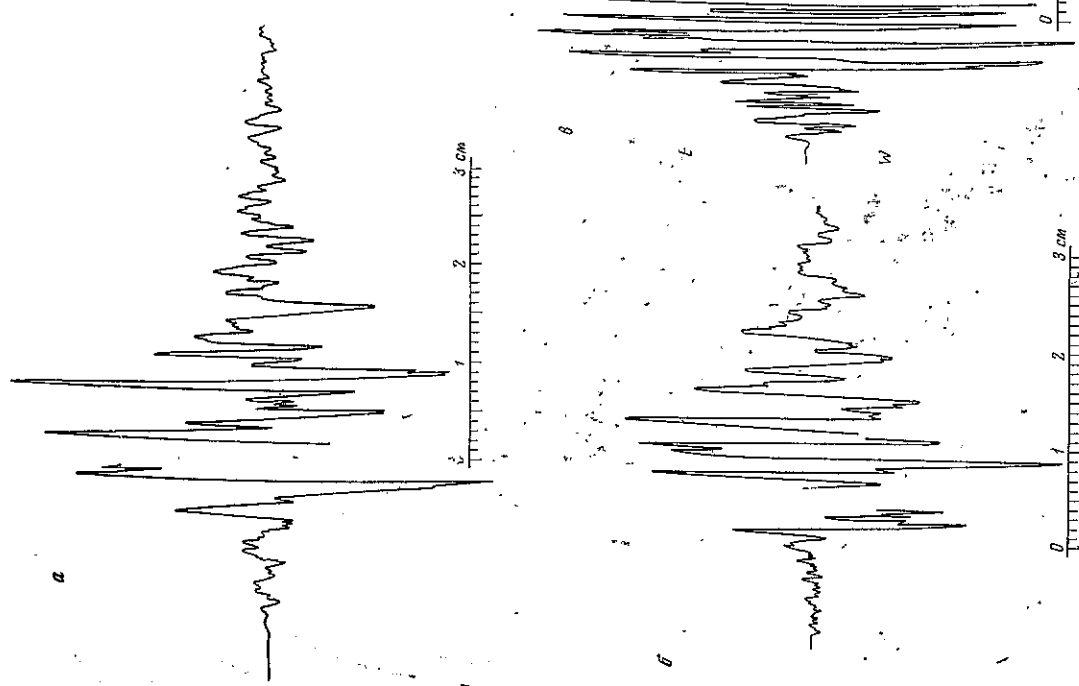


Рис. 1. Записи землетрясения 15 ноября 1968 г.
а — станция Ашхабад, сейсмограф СМР-II, составленная В-3; б — станция Ванновская, С-Ю; в — то же, В-3

В результате проведенного обследования выяснилось, что Ашхабадское землетрясение 15.XI.1968 г. с максимальной интенсивностью ≈ 7 баллов проявилось в районе насосной станции, расположенной в 8 км к северо-востоку от Безмеина. В Ашхабаде, в ряде селений Безмеинского и Геок-Тепинского районов, в сельсовете Аннау и частично в Гяурсе оно достигло силы 6—7 баллов. Эти пункты расположены на одной линии протяженностью более 50 км, вытянутой с северо-запада на юго-восток (рис. 2). Ниже приводится подробное описание эффекта землетрясения. Расстояния всюду указаны от макросейсмического эпицентра ($38^{\circ} 2' N$; $58^{\circ} 4' E$).

1. Н а с о с н а я (6 км). Обследовано 5 зданий: служебное, стены которого возведены из металлического каркаса и обшиты кровельным цинфером; жилой дом со стенами из жженого кирпича и красной верандой; склад из жженого кирпича; подстанция — здание из жженого кирпича с применением антисейсмических мероприятий; проходная (кирпич). В результате землетрясения в стенах жилого дома образовалось много сквозных широких трещин, разрушена дымовая труба. В каркасной пристройке также много сквозных трещин, большими кусками осыпались внутренние штукатурка. Бутылки, стоявшие на полу, упали. Земле-

трясение началось сильным вертикальным толчком, за которым последовали горизонтальные колебания. Толчок сбил с ног женщину. Стоявший во дворе мотоцикл опрокинулся. Землетрясение сопровождалось длинным тягучим гулом, похожим на вой зверя. В стоящих рядом зданиях склада, проходной и подстанции заметных повреждений не обнаружено. Сила землетрясения 7 баллов.

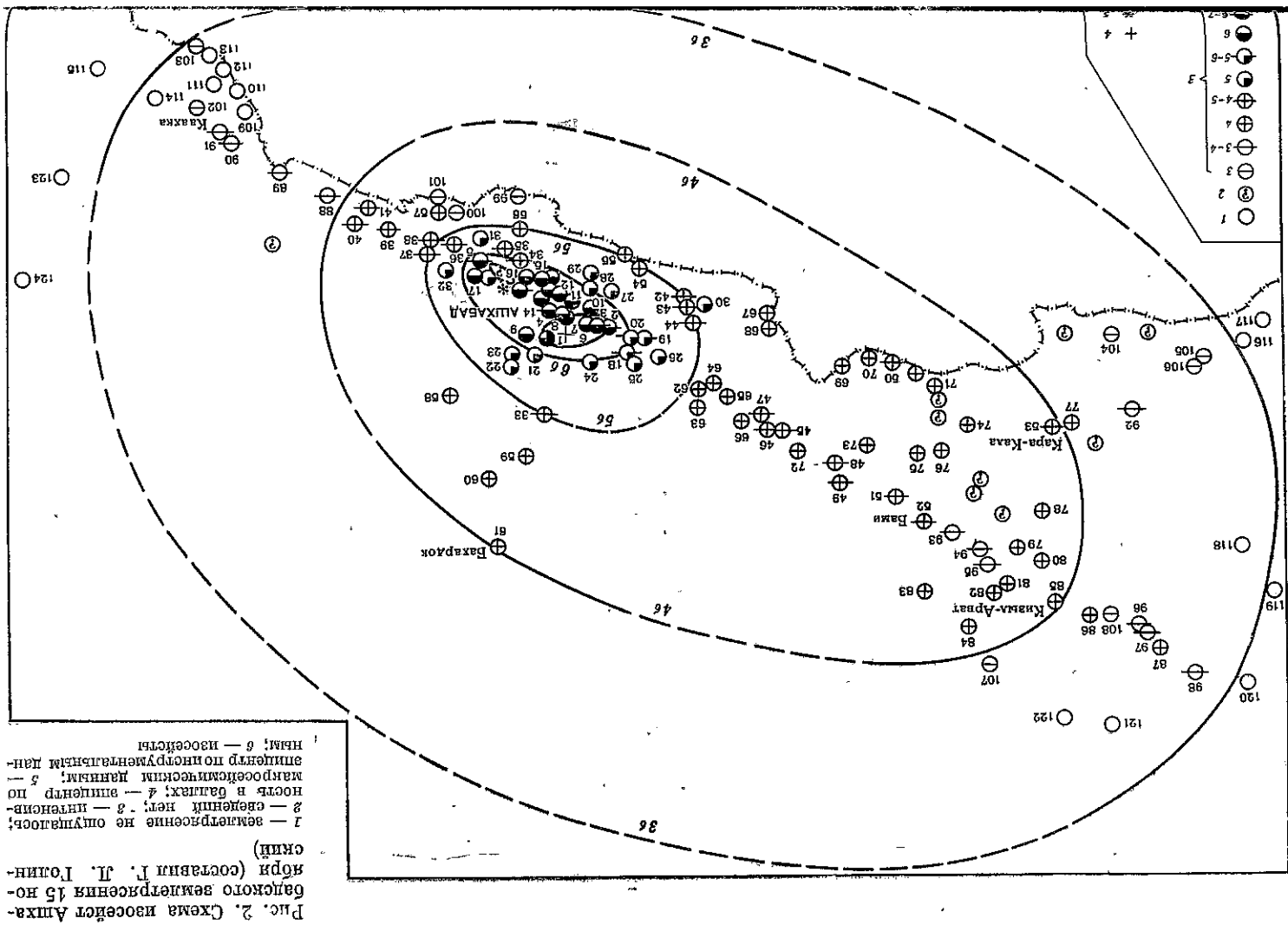
2. Шоркала (45 км). Землетрясение охватило все население, находившееся в домах и под открытым небом. Все жители выбежали из домов, некоторые прыгали в окна. В домах слышался сильный скрип деревянных полов и потолка, дребезжание оконного стекла и посуды. Многие слышали подземный гул. В здании школы № 16 (из жженого кирпича) в месте стыка наружных стен образовалась тонкая вертикальная трещина. В красном здании сельской больницы в стыке печи со стенами появились вертикальные трещины, обвалился кусок штукатурки. В дверном проеме вдоль вертикальных брусьев коробки и над перемычкой — вертикальные и горизонтальные трещины. На наружной несущей стене вдоль всей ее плоскости в штукатурке отмечены горизонтальные трещины. В жилом доме (стены из сырцового кирпича с трехрядным венчающим карнизом из жженого кирпича, фундамент бетонный) возникли сквозные широкие трещины в стыке внутренних стен и в дверном проеме. Всего в селе повреждено девять жилых зданий, из них два частично разрушены. Сила землетрясения 6—7 баллов.

3. Келеджар (40 км). Были сильно повреждены здания школы № 10. В одном, возведенном в 1949 г. из сырцового кирпича, во всех внутренних стенах, толщиной 20 см, возникли большие горизонтальные трещины, обвалились куски штукатурки. Упала дымовая труба. Во втором здании, построенном в 1960 г. из жженого кирпича, образовались тонкие трещины в штукатурке. Повреждены строения школы № 19: в каркасном здании, построенном в 1951 г. из сырцового кирпича, во внутренних стенах образовались горизонтальные трещины, в стыке печей — вертикальные трещины, осыпалась штукатурка. В корпусе, возведенном в 1965 г. из кирпича, в простенке возникла сквозная горизонтальная трещина; в стыках печей и на внутренних частях труб — вертикальные трещины. В жилом доме плодотомника сырцовые стены построены на бетонном фундаменте. В результате подземного толчка наружная стена отклонилась в северную сторону на 2—3 см, образовалась большая щель на уровне оконных перемычек. В дверных и оконных проемах — трещины. В служебном помещении (кирпичное) во внутренних стыках несущих стен появились вертикальные тонкие трещины.

В жилом доме из силикатного кирпича на цементном растворе во внутренней стене появилась вертикальная сквозная трещина, идущая с потолка до потолка. В дверном обрамлении — также сквозные трещины. Четыре других жилых дома повреждены в меньшей степени. Землетрясение сопровождалось продолжительным подземным гулом, шедшим с южной стороны. Колебания были горизонтальными, распростиравшимися с юго-запада. Из зданий все выбегали в испуге. Сила землетрясения 6—7 баллов. В 21 ч. 09 м. по местному времени (46 ч. 09 м. по Гринвичу) некоторые чувствовали повторный толчок интенсивностью 3 балла.

4. Кичак (40 км). В здании столовой стены возведены из жженого кирпича толщиной 60 см. В результате землетрясения в стыке потолка и наружной несущей северной стены образовалась горизонтальная трещина длиной во всю комнату. В комнатах, расположенных рядом, в стыке наружных и внутренних стен образовались вертикальные деформации с повреждением и обвалами довольно больших кусков штукатурки. В меньшей степени в селе пострадали еще 32 жилых здания: 26 домов из сырцового кирпича, 6 — из жженого. Интенсивность землетрясения 6—7 баллов.

5. Аннау (40 км). В кирпичном здании правления колхоза им. Мах-



тумкули образовалась трещина во внутреннем стыке стен; в дверном проеме — трещина шириной около 2 см; в верхней части дымохода расслоилась кладка.

В жилом доме из сырцового кирпича на бетонном цоколе, обрамленном до углов и в середине стен пиллястрами из жженого кирпича, в восточной стене в среднем пиллястре сквозная трещина раздробила три нижних кирпича. В стене появилась вертикальная сквозная трещина шириной 4—5 мм от потолка до пола. На южной стене потолочные балки вышли из гнезд на 2—3 см в направлении на север. В противоположной стене балки чердачного перекрытия также обнажились на 1,5—2 см, но здесь это произошло из-за вертикального отклонения на север самой плоскости стены. Во внутренних дверных проемах образовались вертикальные трещины. В меньшей степени повреждены еще 35 жилых домов и надворных строений. Сила землетрясения 6—7 баллов.

Ашхабад (20 км). Землетрясение началось вертикальными колебаниями в виде мелкой дрожки, длившимся несколько секунд. Среди населения города возникла сильная паника. Большинство жителей выбежали из зданий и долго не возвращались. Некоторые прыгали со второго этажа через окна, в результате чего получили травмы. При спуске по междугородным лестницам были случаи падения людей. Во всех учреждениях и производственных организациях прекратилась работа. Занятия в школах были прерваны и отменены на весь день. В зданиях опущалось сильное дрожание пола, слышался скрип деревянных потолков, звон оконного стекла и посуды. На столах, полках и в шкафах опрокинулись малоустойчивые предметы. В домах сильно раскачивались люстры, остановились маятники настенных часов. Все славские проснулись.

Во многих двух-трехэтажных зданиях, возведенных с учетом норм стропильства для сейсмических районов, на 1—3 см разошлись антисейсмические швы. В элементах несущих конструкций зданий и во внутренних перегородках нарушений не обнаружено.

На территории города много (более 10 тыс.) одноэтажных зданий, возведенных после Апхабадского землетрясения 1948 г. Преобладающая часть их имеет в плане одноэтажную прямоугольную форму. Но по качеству стен они делятся на три вида. Первые сложены из жженого кирпича марки 75 или 100. По периметру всего здания на уровне оконных и дверных проемов уложены замкнутые армированные (железобетонные) антисейсмические пояса. Фундамент выполнен бутобетоном, цокольная часть здания — бетоном. Бутобетон или кирпичом. Крыши домов в основном четырех- или двухскатные, с чердачными и довольно редко — мансардными помещениями. Несущая часть состоит из деревянных стропил, основания которых опираются на потолочные балки. Анкерные болты, монтированные в антисейсмический пояс, скрепляют в единую конструкцию стропила и балки, чем достигается большая жесткость верхнего покрытия зданий. По классификации MSK-1964 этот вид домов не рассматривается, так как относится к сооружениям, возведенным с антисейсмическими мероприятиями.

Стены второго вида зданий построены из деревянного каркаса, скрепленного анкерными болтами с цокольной частью. Каркас заполнен кладкой из сырцового или жженого кирпича на глиняном, реже — на известковом растворе. Внутренняя сторона наружных стен обшита деревянной обрешеткой и општукатурена двойным слоем штукатурки. Перегородки имеют двухстороннюю обрешетку. По шкале MSK-1964 этот вид зданий отнесен к фахверковым строениям.

Третий вид — деревянные здания. Второй и третий виды домов имеют фундамент, цоколь и крышу, аналогичные первому.

Среди зданий первого вида от землетрясения пострадало несколько (мнее десятка) строений. Существенных деформаций в несущих конструкциях после землетрясения не обнаружено. В некоторых из домов в области

оконных и дверных перемычек в штукатурном слое образовались наклонные трещины шириной 1—2 мм. В отдельных случаях встречались трещины штукатурки в местах примыкания перегородок к стенам. Степень повреждения в этих зданиях не превышала $d=1$ (легкие повреждения). Здания второго вида были повреждены более существенно. Примерно в 25 домах (~25%) в местах примыкания стен появились сквозные трещины шириной 1—3 мм. Наклонные трещины образовались в верхних углах дверных и оконных проемов или в местах стыкования перемычек. В простенках и во внутренних перегородках также появились наклонные или крестообразные трещины, откололись небольшие куски штукатурки; в местах сопряжения перегородок и печей с кашпальными стенами — трещины вертикальные, шириной 1—3 мм ($d=2$, умеренные повреждения). Преобладающее число деформированных зданий расположено в северной части города, отличающейся неблагоприятными в сейсмическом отношении грунтами, часть домов повреждена и в других районах города также с неблагоприятными грунтовыми условиями. Сила землетрясения в среднем по городу 6—7 баллов.

6—17. Безмеин, Бабаараб, Ясмансалык, Сарыкуль, Корджоу, Акдеше, Ямбаш, Багир, Геокча (6—15 км); Бикрова, Карадамак, Геолгородок (20—35 км). В этих пунктах землетрясение опущалось всеми жителями. Слышался глухой, отдаленный подземный гул. В четырехэтажных крупнопанельных домах г. Безмеина падали легкие предметы, кое-где заклинило двери. В домах из сырца-кирпича образовались тонкие трещины в дверных проемах с осыпанием штукатурки. В наружной стене каркасного хозяйственного помещения больницы возникла вертикальная трещина шириной 2 см; в печных проемах — тонкие трещины штукатурки. В домах и надворных постройках селений Безмеинского сельсовета отмечены повреждения, в Геокча, Багире и Ясмансалыке пострадали сырцовые здания. В Геолгородке в новом здании конторы гаража, построенном из кирпича с антисейсмическим железобетонным поясом, существенно повреждена внутренняя несущая стена. Сила 6 баллов.

18—20. Геок-Тепе, Колоныя, Янгикала (20—25 км). Землетрясение вызвало панику среди населения: все выбежало из домов; в зданиях колебались висятые предметы. В магазинах с полок упали пакчи с сахаром, консервы, бутылки. В 5 жилых домах из сырцового кирпича образовались трещины. Землетрясение началось подземным гулом, после которого были продолжительные колебания. Некоторые указывали на вертикальную направленность толчков. Сила землетрясения 5—6 баллов.

24—32. Узынджа, Кепеле, Туранкулы, Изгант, Корсагир, Кошакаудан, Чули, Ванновский, Фируза, Ялким (15—30 км), ж.-д. станция Аннау, Куркулаб, Калининский, ж.-д. разъезд № 87 (35—45 км). Землетрясение опущало большинство населения; находившиеся в зданиях выбежали. В курортном пос. Фируза некоторые отдыхающие прыгали со второго этажа через окна. В домах слышался скрип деревянных потолков и стен, звон оконного стекла и посуды, сильно раскачивались висятые предметы. Сила землетрясения 5 баллов.

В Чули 19 ноября в 13 ч. 30 м. по местному времени опущался слабый повторный толчок.

33—53. Порсу-Кую, Берзенги, Первомайский, Куругаудан, ж.-д. ст. Гяурс, сел. Гяурс, ж.-д. разъезд № 35, ж.-д. ст. Ахсу, селения Ахсу, Гермаб, Мерген-Улья, Безмяяное, Мурча, Бахарден, Дурен (30—80 км), курорт Арчман, селения Арчман, Кене-Кесир, Беурме, Бами, Кара-Кала (100—170 км). Сила 4—5 баллов.

Для землетрясения 15 ноября γ в среднем равен 3,5. Глубина очага, определенная по инструментальным данным ($b_0 = 20$ км), γ хорошо подтверждается определением по изосейстам ($b_1 = 20$ км) и по соотношению магнитуды и балльности в эпицентре ($b_2 = 19$ км).

Геологические условия района землетрясения довольно хорошо изучены и изложены во многих работах [5—8]. Сейсмогеологическая обстановка обусловлена расположением района на стыке двух крупных структурных комплексов: эпигерцинской платформы на севере и альпийской геосинклинальной области на юге, разделенных узкой полосой переходной зоны — Предкопетдагским прогибом. По мнению Г. П. Горюшкова [5], последовательное продвижение прогиба в пределах Копетдага в северном направлении создает тектонические напряжения, разрядка которых и вызывает землетрясения в этой зоне.

Землетрясение 15 ноября 1968 г. — одно из тех землетрясений Туркмении, для которых нельзя указать эпицентр как точку или даже область, около точки порядка нескольких километров: максимальные повреждения, высокая степень опустимости сотрясений наблюдались в селениях, расположенных в двух диаметрально противоположных районах: на северо-западе вблизи Геок-Теле и на юго-востоке в сел. Аннау, разделенных расстоянием, превышающим 50 км. Подобная картина наблюдалась и при других землетрясениях.

Весьма большая, не соответствующая умеренной магнитуде, протяженность очаговой зоны землетрясения 15 ноября проявляется и в заметном несовпадении инструментального эпицентра с макросейсмическим, а последнему — с центром протяженной шестибальной изосейсты. Можно думать, что начало вспарывания соответствует инструментальный эпицентр и дальнейшее вспарывание, по-видимому довольно вяло, шло к западу-северо-западу в направлении макросейсмического эпицентра. Об этом же в известной степени говорит и размещение повторных толчков (рис. 3). За период с 15 ноября по 31 декабря было зарегистрировано 66 повторных толчков с $4 \leq K \leq 9$, из них два с $K=9$, 14 толчков с $K=8$. К сожалению, из-за отсутствия в Ашхабадском сейсмическом регионе достаточного числа станций положение эпицентров определено лишь для 12 толчков,

54—57. Чеек, Хейрабад, Яблоновский, Шамид (35—60 км) расположены в горных местностях, а здания возведены на коренных породах. Сила землетрясения 4 балла. 58—66. Ногайлы, Кармы-Куль, Юсуп-Кулю, Бахарденского док, Келята, Мегин, Яраджид, Акдене (Бахарденского района), Кареган (45—65 км) расположены на песчаных и песчано-глинистых грунтах каракулов. Землетрясение ощущалось несколько сильнее, чем в пунктах 54—57, но не более 4 баллов.

67—87. Солокмы, Прохладное, Орехово, Дайна, Дузлыдепе, Сунча, Нохур, Узунтокай, Дешт, Сайван, Кизил, Ходжакала (Кара-Калинского района), Чемели, Шурнуар, ж.-д. разъезд № 108, Новый поселок, Чняздепе, Даулет, Кизил-Арат, Джаннахир, ж.-д. разъезд № 112 (70—230 км). Сила землетрясения 4 балла. 88—98. Селения Бабадурмаз, Артык, Каушут, Ходжакала (Каахкинского района), Терсакан, Зау, Кож, ж.-д. ст. Кож, Ушак, Искандер, Узун-Су (200—250 км) — сила 3—4 балла.

99—108. Гаудан, Маныш, Кадамга (55—60 км), Караака, Арчиняк (150—160 км), Дардалл, Шарлок, Дузломлум, Тоугли, Пароу (190—220 км). Сила землетрясения 3 балла. 109—124. В населенных пунктах Казганкала, Арабкала, Дайна, Чергез, Хивабад, Карахан, Душак (135—185 км), Бургутли, Илджа, Куйляр, Карагез, Карванджик, Ходжагуйма, Черкезид, Карычирла и Тезел (190—265 км) землетрясение не ощущалось.

Как видно на рис. 2, шлейфсейстовая область землетрясения 15 ноября выражена двумя локальными участками повышенного проявления интенсивности: в Безменской группе селений и в районе около Аннау. Эти участки находятся в противоположных местах внутри шестибальной изосейсты. Макросейсмический эпицентр землетрясения определен как центр тяжести области, имеющей максимальную интенсивность (Безменская группа селений), и резко смещен к северо-западу по отношению к центру шестибальной изосейсты.

Изосейсты землетрясения ориентированы в северо-западном направлении, причем изосейста шестого балла почти совпадает с эпицентральной зоной Ашхабадского землетрясения 5.X.1948 г. Основные параметры землетрясения 15 ноября, характеризующие его макросейсмическое поле, представлены в таблице.

Номер изосейсты	I, баллы	Радиусы изосейст, км			Площадь изосейст S _i , км ²	S _i /S _{i+1}
		r _a	r _b	r		
1	7	13	5	200	0,46	
1'	(7)	5	2	30	0,28	
2	6	30	15	1400	0,44	
3	5	50	30	5000	0,35	
4	4	140	75	35000		
5	3	215	140	96200		

Здесь r_a — радиус большой оси просириания, r_b — малой, r — средний радиус; S_i = πr² — площадь сотрясенной области, околоторной i-той изосейсты. Коэффициент затухания балльности [4]

$$\gamma = \frac{2}{\lg \frac{S_{i+1}}{S_i}}$$

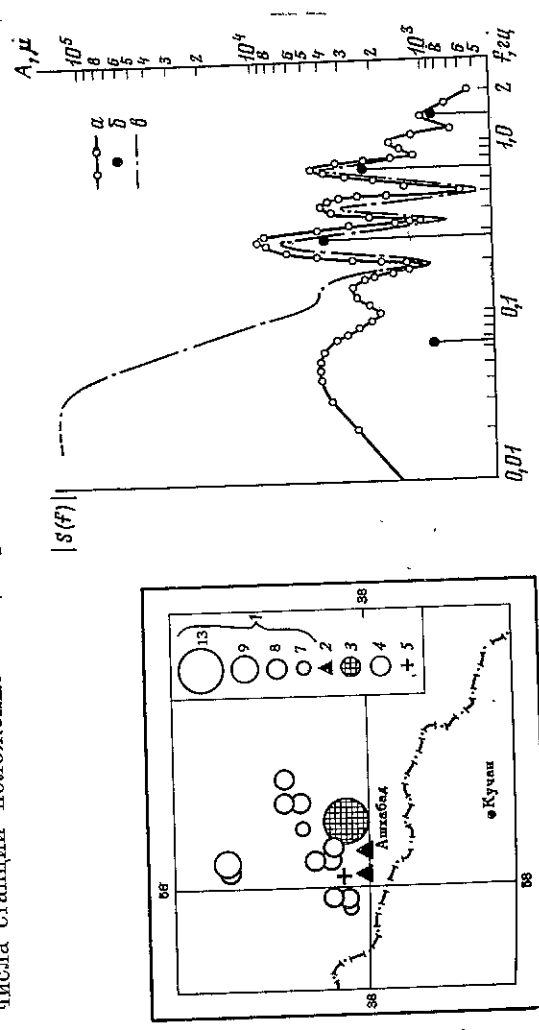


Рис. 3. Эпицентры основного толчка и афтершоков землетрясения 15.XI.1968 г. 1 — энергетический класс; 2 — сейсмические станции; 3 — эпицентр класса точности А; 4 — эпицентры класса точности В; 5 — эпицентр основного толчка по инструментальным данным

Рис. 4. Спектр записи землетрясения 15 ноября 1968 г., полученный обработкой на ЭВМ (а), визуально выделенные преобладающие периоды (б), спектр, исправленный с учетом амплитудных искажений сейсмографа (в)

причем недостаточно точно. Однако большая протяженность очаговой зоны этого землетрясения несомненна.

Предположение о протексе в очаге как о вялой подвигке по протяженному разлому подтверждается и анализом спектра этого землетрясения. На рис. 4 представлен спектр, построенный по данным анализа записи СМР на ЭВМ в сопоставлении с результатом визуального выделения преобладающих периодов. Максимум спектра записи соответствует $T=4$ сек., а максимум спектра истинного смещения почвы — чрезвычайно длинно-периодному колебанию с $T \approx 20-30$ сек., что при скорости вспарывания около 3 км/сек хорошо отвечает наблюдаемой по макросейсмическим данным протяженности очага землетрясения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Шебалин, Ф. Т. Кулиев. О возможности статистической интерпретации балльности. — Сб. «Сильные землетрясения Средней Азии и Казахстана». Душанбе, 1969.
2. Н. В. Шебалин. К статистическому определению интенсивности землетрясений. — Труды Бюро. сейсмолог. комиссии. Л., 1969.
3. Н. В. Шебалин. О макросейсмической основе сейсмического микрорайонирования. — Сб. «Вопросы инженерной сейсмологии», вып. 13. М., «Наука», 1970.
4. Н. В. Шебалин. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании. — Сб. «Сейсмическое районирование СССР». М., «Наука», 1968.
5. Г. И. Горшков. Землетрясения Туркмении. — Труды Сейсмолог. ин-та АН СССР, № 122, 1947.
6. Р. Д. Невесов. Исследования по сейсмичности Туркмении и сейсмическое микрорайонирование г. Ашхабада. Ашхабад, 1965.
7. Д. Н. Рустанович. О механизме Ашхабадского землетрясения. — Докл. АН СССР, 1963, т. 153, № 1.
8. Д. Н. Рустанович. Сейсмичность территории Туркменской ССР и Ашхабадское землетрясение 1948 г. — Сб. «Вопросы инженерной сейсмологии», вып. 12. М., «Наука», 1967.